



#4  
Priority Paper  
17003

jc997 U.S. PTO  
09/955317



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 101 04 795.9  
**Anmeldetag:** 02. Februar 2001  
**Anmelder/Inhaber:** Siemens Aktiengesellschaft,  
München/DE  
**Bezeichnung:** Drehzahlabhängige Sollwertkorrektur bei elektrisch  
geregelten Slaveantrieben  
**IPC:** H 02 P 5/46

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 26. Juli 2001  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Ebert

## Beschreibung

Drehzahlabhängige Sollwertkorrektur bei elektrisch geregelten Slaveantrieben

5

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Sollwertkorrektur für eine elektrisch gesteuerte oder geregelte Slaveachse, die entsprechend einem vorgegebenen funktionalen Zusammenhang einer Leitbewegung einer übergeordneten Leitachse folgt, sowie auf eine korrespondierende Steuerung.

10

Bei vielen industriellen Maschinen wie z.B. bei Verpackungs- und Textilmaschinen oder Bogen-Offset-Druckmaschinen müssen regelmäßig mehrere Bewegungen abhängig von einer zentralen Leitbewegung ausgeführt werden. Bei der Leitbewegung, die von einer Leitachse ausgeführt wird, handelt es sich in der Regel um eine zyklisch wiederkehrende Bewegung, z.B. das Rotieren einer Achse. Eine generelle Anforderung dabei besteht darin, dass die untergeordneten Bewegungen, die von den Slaveachsen bzw. Folgeachsen ausgeführt werden, entsprechend ihren Vorgaben möglichst exakt der Leitbewegung folgen.

15

20

Die klassische Lösung des oben angesprochenen Problems erfolgt durch eine mechanische Konstruktion, z.B. durch sogenannte Kurvenscheiben oder eine Nockensteuerung. In jüngerer Zeit werden sowohl für die Leitachse als auch für die Slaveachsen elektronisch geregelte Antriebe verwendet, wobei die mechanische Zwangskopplung entfällt. In diesem Zusammenhang spricht man auch von einem elektronischen Getriebe. Die Messung der Leitachs-Bewegungen erfolgt dabei zumeist durch einen Winkelgeber. Die Sollwinkel für die Regelung der Slaveachsen werden in Abhängigkeit von den gemessenen Leitachswinkeln bestimmt. In der Darstellung nach FIG 2 ist ein Blockschaltbild zur Generierung der Slaveachs-Sollwerte auf die geschilderte herkömmliche Weise gezeigt.

25

30

35

Eine elektrisch angetriebene Leitachse  $L_A$  ändert ihre Lage, indem diese verschiedene Lagewinkel  $\varphi_L$  einnimmt, welche mit einem Winkelgeber WG erfasst werden. Dieser liefert gemessene Lageistwerte  $\varphi_{L\_mess}$ , mit denen ein Funktionsblock F angesteuert wird. Letzterer beschreibt den geometrischen Zusammenhang zwischen den Bewegungen  $\varphi_{L\_mess}$  der Leitachse  $L_A$  und den gewünschten Bewegungen  $\varphi_{S\_soll}$  der Folgeachse bzw. Slaveachse  $S_A$ . Dies kann in Form einer mathematischen Funktion  $\varphi_{S\_soll} = f(\varphi_{L\_mess})$  oder z.B. auch durch eine Tabelle erfolgen, in der Wertepaare abgelegt sind, die entsprechende Lage-Positionen zwischen der Leitachse und der Slaveachse repräsentieren. Mit den ausgangsseitig vom Funktionsblock F generierten Lagesollwerten  $\varphi_{S\_soll}$  wird schließlich die Slaveachse  $S_A$  angesteuert.

Bei der oben beschriebenen und in FIG 2 gezeigten bekannten Lösung mit elektronischen Antrieben hängen die tatsächlichen Winkel  $\varphi_{S\_ist}$  der Slaveachsen immer hinter ihren Sollwerten  $\varphi_{S\_soll}$  zurück, da jede Lageregelung mit einer bestimmten Verzögerung behaftet ist. Die Differenz zwischen Lagesollwert  $\varphi_{S\_soll}$  und Lageistwert  $\varphi_{S\_ist}$  wird als Schleppfehler bezeichnet.

Verwendet man z.B. ein Bussystem für die Übermittlung der gemessenen Leitachsenistwerte an die Slaveachsen, so vergrößert sich der Schleppfehler infolge der Transportzeit auf dem Bus noch einmal. Letzteres gilt auch für solche Slaveachsen, die nicht geregelt, sondern lediglich gesteuert werden.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht deshalb darin, ein Verfahren zur Sollwertkorrektur sowie eine entsprechende Steuerung zu schaffen, mit der solche Schleppfehler auf Seiten von Slaveachsen wirksam vermieden werden können.

Gemäß der Erfindung wird diese Aufgabe für eine gesteuerte Slaveachse gelöst, indem das eingangs beschriebene Verfahren dadurch weitergebildet wird, dass ein jeweiliger Lageistwert der Leitachse zur Ansteuerung der Slaveachse um einen Lage-

korrekturwert vergrößert wird, der proportional zur Geschwindigkeit der Leitachse bemessen wird, wobei diese während einer Datenlaufzeit des Lageistwertes der Leitachse als im wesentlichen konstant angenommen wird.

5

Für eine geregelte Slaveachse wird die Aufgabe gelöst, indem das eingangs beschriebene Verfahren dadurch weitergebildet wird, dass ein jeweiliger Lageistwert der Leitachse zur Ansteuerung der Slaveachse ebenfalls um einen Lagekorrekturwert

10 vergrößert wird, der proportional zur Geschwindigkeit der Leitachse bemessen wird, wobei diese während einer Datenlaufzeit des Lageistwertes der Leitachse und einer Verzögerung einer Lageregelung der Slaveachse als im wesentlichen konstant angenommen wird.

15

Dies erfolgt vorteilhaft so, dass jeweilige Lagekorrekturwerte stets so bemessen werden, dass ein Schleppfehler der Slaveachse gerade kompensiert wird.

20

Wenn ein mit der Leitachse in Verbindung stehender Winkelgeber Leitachswinkel liefert, so erfolgt dies für eine gesteuerte Slaveachse besonders vorteilhaft, indem solche Leitachswinkel um jeweilige zur Winkelgeschwindigkeit der Leitachse proportionale, mit der Datenlaufzeit des Lageistwertes der

25 Leitachse gewichtete Korrekturwinkel vergrößert werden, die nach

$$\varphi_{\text{Korr}} = \omega_L * T_T$$

30

bemessen werden.

Für eine elektrisch geregelte Slaveachse erfolgt dies entsprechend, indem solche Leitachswinkel um jeweilige zur Winkelgeschwindigkeit der Leitachse proportionale, mit der Datenlaufzeit des Lageistwertes der Leitachse und der Verzögerung der Lageregelung der Slaveachse gewichtete Korrekturwinkel vergrößert werden, die nach

35

$$\varphi_{\text{Korr}} = \omega_L * (T_T + T_R)$$

bemessen werden.

5

Dabei hat es sich in beiden Fällen als günstig erwiesen, wenn die Winkelgeschwindigkeit der Leitachse durch Differenzieren der Leitachswinkel ermittelt wird.

10

Das voranstehende Verfahren nach der Erfindung ist besonders vorteilhaft geeignet, wenn die Leitachse und die Slaveachse über ein Bussystem kommunizieren, wobei die Datenlaufzeit die Übertragungszeit der Lageistwerte der Leitachse über den Datenbus darstellt.

15

Ferner wird die voranstehende Aufgabe der Erfindung durch eine Steuerung zur Generierung und Korrektur von Sollwerten zur Ansteuerung einer Slaveachse gelöst, die entsprechend einem vorgegebenen funktionalen Zusammenhang einer Leitbewegung einer übergeordneten Leitachse folgt und die mit einem Mittel zur Erfassung von jeweiligen Lageistwerten der Leitachse ausgestattet ist. Dazu umfasst diese ein Mittel zur Erzeugung und Aufschaltung von Lagekorrekturwerten auf jeweilige Lageistwerte, wobei die Lagekorrekturwerte derart bestimmbar sind, dass diese proportional zur Geschwindigkeit der Leitachse bemessen sind. Die Geschwindigkeit der Leitachse wird dabei während einer Datenlaufzeit des Lageistwertes der Leitachse und/oder einer Verzögerung einer Lageregelung der Slaveachse als im wesentlichen konstant angenommen.

25  
30

Eine solche vorteilhafte Steuerung gemäß der vorliegenden Erfindung zeichnet sich unter anderem dadurch aus, dass jeweilige Lagekorrekturwerte stets so bestimmbar sind, dass ein Schleppfehler der Slaveachse gerade kompensierbar ist.

35

Eine besonders kostengünstige Ausführung einer solchen Steuerung setzt als Mittel zur Erfassung von jeweiligen Lageist-

werten der Leitachse einen mit dieser in Verbindung stehenden Winkelgeber ein, der Leitachswinkel liefert.

Es hat sich weiter als vorteilhaft herausgestellt, wenn solchermaßen erfasste Leitachswinkel um jeweilige zur Winkelgeschwindigkeit der Leitachse proportionale, mit der Datenlaufzeit des Lageistwertes der Leitachse gewichtete Korrekturwinkel vergrößerbar sind, die nach

$$\varphi_{\text{Korr}} = \omega_L * T_T$$

bemessbar sind.

Analog dazu gilt für eine Kompensation von Regelungsverzögerungen, dass erfasste Leitachswinkel um jeweilige zur Winkelgeschwindigkeit der Leitachse proportionale, mit der Verzögerung der Lageregelung der Slaveachse gewichtete Korrekturwinkel vergrößerbar sind, die nach

$$\varphi_{\text{Korr}} = \omega_L * T_R$$

bemessbar sind.

Wenn ein Mittel zum Differenzieren der Leitachswinkel vorgesehen ist, so lässt sich die Winkelgeschwindigkeit der Leitachse besonders einfach und effektiv ableiten.

Diese Kompensation von Schleppfehlern mit einer Steuerung gemäß der vorliegenden Erfindung eignet sich in besonderem Maße, wenn ein Bussystem vorgesehen ist, über das die Leitachse und die Slaveachse kommunizieren, wobei dann die Datenlaufzeit die Übertragungszeit der Lageistwerte der Leitachse über den Datenbus darstellt.

Weitere Vorteile und Details der Erfindung ergeben sich anhand des im folgenden dargestellten vorteilhaften Ausführungs-

rungsbeispiels und in Verbindung mit den Figuren. Es zeigen im einzelnen in Prinzipdarstellung:

- 5      FIG 1      ein Blockschaltbild einer Struktur zur Generierung von Slaveachsen-Sollwerten mit erfindungsgemäßer Kompensation von Schleppfehlern der Slaveachse,
- FIG 2      ein Blockschaltbild einer herkömmlichen Struktur zur Generierung von Slaveachsen-Sollwerten,
- 10      FIG 3      einen möglichen geometrischen Zusammenhang einer Leitachse und einer Slaveachse am Beispiel einer Kämmmaschine aus der Textilindustrie,
- FIG 4      eine Gegenüberstellung des zeitlichen Verlaufs von Sollwert und Istwert der Slaveachse für den in FIG 3 dargestellten funktionalen Zusammenhang anhand einer Simulation mit der in FIG 2 gezeigten herkömmlichen Anordnung bei einer Leitachs-Drehzahl von  $120 \text{ min}^{-1}$ ,
- 15      FIG 5      die gleiche Gegenüberstellung wie in FIG 4 bei einer Leitachs-Drehzahl von  $600 \text{ min}^{-1}$ ,
- 20      FIG 6      die in FIG 4 gezeigte Gegenüberstellung bei einer Leitachs-Drehzahl von  $120 \text{ min}^{-1}$ , jedoch mit der erfindungsgemäßen Anordnung gemäß FIG 1 und
- FIG 7      die in FIG 5 gezeigte Gegenüberstellung bei einer Leitachs-Drehzahl von  $600 \text{ min}^{-1}$ , jedoch mit der erfindungsgemäßen Anordnung gemäß FIG 1.

Der Ansatz der Erfindung besteht im wesentlichen darin, die Slaveachse mit einem Wert anzusteuern, der dieser vortäuscht, dass die Leitachse sich bereits weiter als in Wirklichkeit gedreht hat. Dies kann durch Addition eines Korrekturwinkels  $\varphi_{\text{Korr}}$  auf den gemessenen Winkel  $\varphi_{\text{L\_mess}}$  der Leitachse L\_A erreicht werden. Eine Schwierigkeit besteht darin, das virtuelle Weiterdrehen so zu gestalten, dass dadurch ein Schleppfehler der Slaveachse S\_A gerade kompensiert wird.

Bei geringer Leitachs-Drehzahl  $\omega_L$  wirkt sich eine Istwert-Transportlaufzeit  $T_T$ , z.B. auf einem Datenbus zwischen der

Leitachse und der Regelung der Slaveachse, nur geringfügig aus, während die Leitachse bei hoher Drehzahl während der Transportlaufzeit um einen vergleichsweise großen Winkel weiterdreht. Der auf diese Art entstehende Fehlwinkel beträgt:

5

$$\varphi_{\text{Transportfehler}} = \int_{T_T} \omega_L dt \quad (1)$$

In der Regel kann die Winkelgeschwindigkeit  $\omega_L$  der Leitachse  $L_A$  während der Transportzeit  $T_T$  als näherungsweise konstant angesehen werden. Damit folgt:

10

$$\varphi_{\text{Transportfehler}} = \omega_L \cdot T_T \quad (2)$$

Die Erfinder haben nun erkannt, dass der Fehlerwinkel, um den der gemessene Leitachswinkel vergrößert werden muss, proportional zur Winkelgeschwindigkeit der Leitachse ist. Da Ähnliches auch für eine Verzögerung  $T_R$  einer Slaveachsen-Regelung gilt, ergibt sich der gesamte Korrekturwinkel zu

15

$$\varphi_{\text{Korr}} = \omega_L * (T_T + T_R) \quad (3)$$

20

Bei der der FIG 1 zugrunde gelegten Maschine ist die Transportzeit  $T_T$  des Leitachsistwerts  $\varphi_{L\_mess}$  bekannt. Die Verzögerungszeit der Slaveachsen-Lageregelung  $T_R$  kann in der Regel experimentell bestimmt werden. Die Winkelgeschwindigkeit lässt sich, wie im folgenden dargestellt, durch Differentiation aus dem gemessenen Leitachsistwinkel  $\varphi_{L\_mess}$  gewinnen. Damit sind alle Größen der obigen Gleichung bekannt, so dass der Korrekturwinkel  $\varphi_{\text{Korr}}$  berechnet werden kann. Das nachfolgende Blockschaltbild nach FIG 1 zeigt eine solche Generierung der Slaveachs-Sollwerte mit der erfindungsgemäßen Erweiterung zur Kompensation des Schleppfehlers.

25

30

35

Der Aufbau entspricht im wesentlichen dem weiter vorne beschriebenen nach FIG 2, jedoch sind nun weitere Elemente zur



Schleppfehlerkompensation aufbauend auf den vorangehend geschilderten Erkenntnissen vorgesehen.

5 Vor der Ansteuerung der Einheit F zur Beschreibung des funktionalen Zusammenhangs zwischen der Leitachse L\_A und der Slaveachse S\_A werden auf die gemessenen Lageistwerte  $\varphi_{L\_mess}$  jeweilige Korrekturwinkel nach der Berechnungsvorschrift (3) addiert (+). Dazu wird in einer Recheneinheit DIFF zunächst der jeweilige Lageistwert  $\varphi_{L\_mess}$  differenziert, wodurch man  
10 die entsprechende Winkelgeschwindigkeit  $\omega_{L\_mess}$  der Leitachse L\_A erhält.

15 In einer Multiplikationseinheit X wird diese jeweilige Winkelgeschwindigkeit mit der Summe aus der Datenlaufzeit  $T_T$  des Lageistwertes  $\varphi_{L\_mess}$  der Leitachse L\_A und der Verzögerung  $T_R$  der Lageregelung der Slaveachse S\_A multipliziert, woraus der korrekte Korrekturwinkel  $\varphi_{Korr}$  resultiert.

20 Die Darstellung nach FIG 3 zeigt nun beispielhaft den prinzipiellen Zusammenhang der Bewegungen von Leitachse L\_A und Slaveachse S\_A als eine mathematischen Funktion  $\varphi_{S\_soll} = f(\varphi_{L\_mess})$  bei einer Kämmmaschine aus der Textilindustrie. Dazu sind die entsprechenden Lagesollwerte  $\varphi_{S\_soll}$  der Slaveachse über die zugehörigen Lageistwerte  $\varphi_{L\_mess}$  der Leitachse aufgetragen. Es resultiert ein polynomialer Verlauf mit mehreren  
25 lokalen Maxima und Minima.

In den nächsten Abbildungen gemäß FIG 4 und FIG 5 ist der mit dem funktionalen Zusammenhang nach FIG 3 resultierende simulierte zeitliche Verlauf in Form einer Gegenüberstellung von  
30 Slaveachs-Sollwerten  $\varphi_{S\_soll}$  und Slaveachs-Istwerten  $\varphi_{S\_ist}$  über die Zeit t bei zwei konstanten Winkelgeschwindigkeiten  $\omega_L$  für den Fall gezeigt, dass keine Korrektur des gemessenen Leitachswinkels durchgeführt wird. Die FIG 4 zeigt diesen Zusammenhang bei einer Leitachs-Drehzahl  $\omega_L = 120 \text{ min}^{-1}$ , während in  
35 FIG 5 eine Leitachs-Drehzahl  $\omega_L = 600 \text{ min}^{-1}$  zugrunde gelegt ist.

Es ist deutlich zu erkennen, dass der Istwert  $\varphi_{s\_ist}$  dem Sollwert  $\varphi_{s\_soll}$  bei der höheren Leitachsdrehzahl wesentlich schlechter folgen kann, das heißt, dass der Schleppfehler erheblich größer ist.

5

Zum Vergleich zeigen die FIG 6 (Leitachs-Drehzahl  $\omega_L = 120 \text{ min}^{-1}$ ) und FIG 7 (Leitachs-Drehzahl  $\omega_L = 600 \text{ min}^{-1}$ ) die gleichen Verläufe bei Einsatz der erfindungsgemäßen Erweiterung zur Kompensation des Schleppfehlers. Bei beiden Drehzahlen ist die Übereinstimmung von Slaveachs-Sollwerten  $\varphi_{s\_soll}$  und Slaveachs-Istwerten  $\varphi_{s\_ist}$  wesentlich besser als ohne die erfindungsgemäße Erweiterung zur Kompensation des Schleppfehlers. Von besonderer Bedeutung ist die erhebliche Verbesserung bei höheren Drehzahlen, da die Maschinen in diesem Bereich betrieben werden, um eine hohe Produktivität zu erreichen.

10

15

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Sollwertkorrektur für eine elektrisch gesteuerte oder geregelte Slaveachse ( $S_A$ ), die entsprechend  
5 einem vorgegebenen funktionalen Zusammenhang ( $F$ ) einer Leitbewegung einer übergeordneten Leitachse ( $L_A$ ) folgt, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass ein jeweiliger Lageistwert ( $\varphi_{L\_mess}$ ) der Leitachse ( $L_A$ ) zur Ansteuerung der Slaveachse ( $S_L$ ) um einen Lagekorrekturwert ( $\varphi_{Korr}$ ) vergrößert wird,  
10 der proportional zur Geschwindigkeit ( $\omega_L$ ) der Leitachse ( $L_A$ ) bemessen wird, wobei diese ( $\omega_L$ ) während einer Datenlaufzeit ( $T_T$ ) des Lageistwertes ( $\varphi_{L\_mess}$ ) der Leitachse ( $L_A$ ) als im wesentlichen konstant angenommen wird.
2. Verfahren zur Sollwertkorrektur für eine elektrisch geregelte Slaveachse ( $S_A$ ), die entsprechend einem vorgegebenen funktionalen Zusammenhang ( $F$ ) einer Leitbewegung einer übergeordneten Leitachse ( $L_A$ ) folgt, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass ein jeweiliger Lageistwert  
20 ( $\varphi_{L\_mess}$ ) der Leitachse ( $L_A$ ) zur Ansteuerung der Slaveachse ( $S_L$ ) um einen Lagekorrekturwert ( $\varphi_{Korr}$ ) vergrößert wird, der proportional zur Geschwindigkeit ( $\omega_L$ ) der Leitachse ( $L_A$ ) bemessen wird, wobei diese ( $\omega_L$ ) während einer Datenlaufzeit ( $T_T$ ) des Lageistwertes ( $\varphi_{L\_mess}$ ) der Leitachse ( $L_A$ ) und einer Verzögerung ( $T_R$ ) einer Lageregelung der Slaveachse als im wesentlichen konstant angenommen wird.  
25
3. Verfahren zur Sollwertkorrektur nach Anspruch 1 oder 2, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass jeweilige  
30 Lagekorrekturwerte ( $\varphi_{Korr}$ ) stets so bemessen werden, dass ein Schleppfehler der Slaveachse ( $S_A$ ) gerade kompensiert wird.
4. Verfahren zur Sollwertkorrektur für eine elektrisch gesteuerte oder geregelte Slaveachse ( $S_A$ ) nach Anspruch 1 und  
35 3, wobei ein mit der Leitachse in Verbindung stehender Winkelgeber (WG) Leitachswinkel ( $\varphi_{L\_mess}$ ) liefert, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass solche Leitachswinkel

( $\varphi_{L\_mess}$ ) um jeweilige zur Winkelgeschwindigkeit ( $\omega_L$ ) der Leitachse (L\_A) proportionale, mit der Datenlaufzeit ( $T_T$ ) des Lageistwertes ( $\varphi_{L\_mess}$ ) der Leitachse (L\_A) gewichtete Korrekturwinkel ( $\varphi_{Korr}$ ) vergrößert werden, die nach

5

$$\varphi_{Korr} = \omega_L * T_T$$

bemessen werden.

- 10 5. Verfahren zur Sollwertkorrektur für eine elektrisch geregelte Slaveachse (S\_A) nach Anspruch 2 und 3, wobei ein mit der Leitachse in Verbindung stehender Winkelgeber (WG) Leitachswinkel ( $\varphi_{L\_mess}$ ) liefert, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass solche Leitachswinkel ( $\varphi_{L\_mess}$ ) um jeweilige zur Winkelgeschwindigkeit ( $\omega_L$ ) der Leitachse (L\_A) proportionale, mit der Datenlaufzeit ( $T_T$ ) des Lageistwertes ( $\varphi_{L\_mess}$ ) der Leitachse (L\_A) und der Verzögerung ( $T_R$ ) der Lageregelung der Slaveachse gewichtete Korrekturwinkel ( $\varphi_{Korr}$ ) vergrößert werden, die nach

20

$$\varphi_{Korr} = \omega_L * (T_T + T_R)$$

bemessen werden.

- 25 6. Verfahren zur Sollwertkorrektur nach einem der Ansprüche 4 oder 5, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass die Winkelgeschwindigkeit ( $\omega_L$ ) der Leitachse (L\_A) durch Differenzieren (DIFF) der Leitachswinkel ( $\varphi_{L\_mess}$ ) ermittelt wird.
- 30 7. Verfahren zur Sollwertkorrektur nach einem der vorangehenden Ansprüche, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass die Leitachse (L\_A) und die Slaveachse (S\_L) über ein Bussystem kommunizieren, wobei die Datenlaufzeit ( $T_T$ ) die Übertragungszeit der Lageistwerte ( $\varphi_{L\_mess}$ ) der Leitachse (L\_A)
- 35 über den Datenbus darstellt.

## 8. Steuerung zur Generierung und Korrektur von Sollwerten

( $\phi_{S\_soll}$ ) zur Ansteuerung einer Slaveachse ( $S\_A$ ), die entsprechend einem vorgegebenen funktionalen Zusammenhang ( $F$ ) einer Leitbewegung einer übergeordneten Leitachse ( $L\_A$ ) folgt, mit  
5 einem Mittel ( $WG$ ) zur Erfassung von jeweiligen Lageistwerten ( $\phi_{L\_mess}$ ) der Leitachse ( $L\_A$ ), d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass diese ein Mittel zur Erzeugung und Aufschaltung von Lagekorrekturwerten ( $\phi_{Korr}$ ) auf jeweilige Lageistwerte ( $\phi_{L\_mess}$ ) umfasst, wobei die Lagekorrekturwerte  
10 ( $\phi_{Korr}$ ) derart bestimmbar sind, dass diese proportional zur Geschwindigkeit ( $\omega_L$ ) der Leitachse ( $L\_A$ ) bemessen sind, wobei die Geschwindigkeit ( $\omega_L$ ) der Leitachse ( $L\_A$ ) während einer Datenlaufzeit ( $T_T$ ) des Lageistwertes ( $\phi_{L\_mess}$ ) der Leitachse ( $L\_A$ ) und/oder einer Verzögerung ( $T_R$ ) einer Lageregelung der  
15 Slaveachse als im wesentlichen konstant angenommen wird.

## 9. Steuerung zur Generierung und Korrektur von Sollwerten

( $\phi_{S\_soll}$ ) zur Ansteuerung einer Slaveachse ( $S\_A$ ) nach Anspruch 8, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass jeweilige Lagekorrekturwerte ( $\phi_{Korr}$ ) stets so bestimmbar sind,  
20 dass ein Schleppfehler der Slaveachse ( $S\_A$ ) gerade kompensierbar ist.

## 10. Steuerung zur Generierung und Korrektur von Sollwerten

( $\phi_{S\_soll}$ ) zur Ansteuerung einer Slaveachse ( $S\_A$ ) nach Anspruch 8 oder 9, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass als Mittel ( $WG$ ) zur Erfassung von jeweiligen Lageistwerten ( $\phi_{L\_mess}$ ) der Leitachse ( $L\_A$ ) ein mit dieser in Verbindung  
25 stehender Winkelgeber ( $WG$ ) dient, der Leitachswinkel ( $\phi_{L\_mess}$ )  
30 liefert.

## 11. Steuerung zur Generierung und Korrektur von Sollwerten

( $\phi_{S\_soll}$ ) zur Ansteuerung einer Slaveachse ( $S\_A$ ) nach Anspruch 10, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass erfasste Leitachswinkel ( $\phi_{L\_mess}$ ) um jeweilige zur Winkelgeschwindigkeit ( $\omega_L$ ) der Leitachse ( $L\_A$ ) proportionale, mit der  
35 Datenlaufzeit ( $T_T$ ) des Lageistwertes ( $\phi_{L\_mess}$ ) der Leitachse

(L\_A) gewichtete Korrekturwinkel ( $\varphi_{\text{Korr}}$ ) vergrößerbar sind, die nach

$$\varphi_{\text{Korr}} = \omega_L * T_T$$

5 bemessbar sind.

12. Steuerung zur Generierung und Korrektur von Sollwerten ( $\varphi_{\text{S_soll}}$ ) zur Ansteuerung einer Slaveachse (S\_A) nach Anspruch 10 oder 11, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass erfasste Leitachswinkel ( $\varphi_{\text{L_mess}}$ ) um jeweilige zur Winkelgeschwindigkeit ( $\omega_L$ ) der Leitachse (L\_A) proportionale, mit der Verzögerung ( $T_R$ ) der Lageregelung der Slaveachse (S\_A) gewichtete Korrekturwinkel ( $\varphi_{\text{Korr}}$ ) vergrößerbar sind, die nach

15

$$\varphi_{\text{Korr}} = \omega_L * T_R$$

bemessbar sind.

13. Steuerung zur Generierung und Korrektur von Sollwerten ( $\varphi_{\text{S_soll}}$ ) zur Ansteuerung einer Slaveachse (S\_A) nach einem der vorangehenden Ansprüche 8 bis 12, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass ein Mittel zum Differenzieren (DIFF) der Leitachswinkel ( $\varphi_{\text{L_mess}}$ ) vorgesehen ist, mit dem die Winkelgeschwindigkeit ( $\omega_L$ ) der Leitachse (L\_A) ableitbar ist.

25

14. Steuerung zur Generierung und Korrektur von Sollwerten ( $\varphi_{\text{S_soll}}$ ) zur Ansteuerung einer Slaveachse (S\_A) nach einem der vorangehenden Ansprüche 8 bis 13, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass ein Bussystem vorgesehen ist, über das die Leitachse (L\_A) und die Slaveachse (S\_L) kommunizieren, wobei die Datenlaufzeit ( $T_T$ ) die Übertragungszeit der Lageistwerte ( $\varphi_{\text{L_mess}}$ ) der Leitachse (L\_A) über den Datenbus darstellt.

30

## Zusammenfassung

Drehzahlabhängige Sollwertkorrektur bei elektrisch geregelten Slaveantrieben

5

Der Ansatz der Erfindung besteht darin, eine Slaveachse (S\_A) mit einem Wert anzusteuern, der dieser vortäuscht, dass die Leitachse (L\_A) sich bereits weiter als in Wirklichkeit gedreht hat. Dies kann durch Addition eines Korrekturwinkels

10

( $\phi_{\text{Korr}}$ ) auf den gemessenen Winkel ( $\phi_{\text{L\_mess}}$ ) der Leitachse erreicht werden. Um das virtuelle Weiterdrehen so zu gestalten, dass dadurch gerade ein Schleppfehler der Slaveachse kompensiert wird, werden Leitachswinkel ( $\phi_{\text{L\_mess}}$ ) um jeweilige zur Winkelgeschwindigkeit ( $\omega_{\text{L}}$ ) der Leitachse proportionale, mit der Datenlaufzeit ( $T_{\text{T}}$ ) des Lageistwertes ( $\phi_{\text{L\_mess}}$ ) der Leitachse und der Verzögerung ( $T_{\text{R}}$ ) der Lageregelung der Slaveachse gewichtete Korrekturwinkel ( $\phi_{\text{Korr}}$ ) vergrößert, die vorzugsweise nach  $\phi_{\text{Korr}} = \omega_{\text{L}} * (T_{\text{T}} + T_{\text{R}})$  bemessen werden.

20

FIG 1

FIG 1

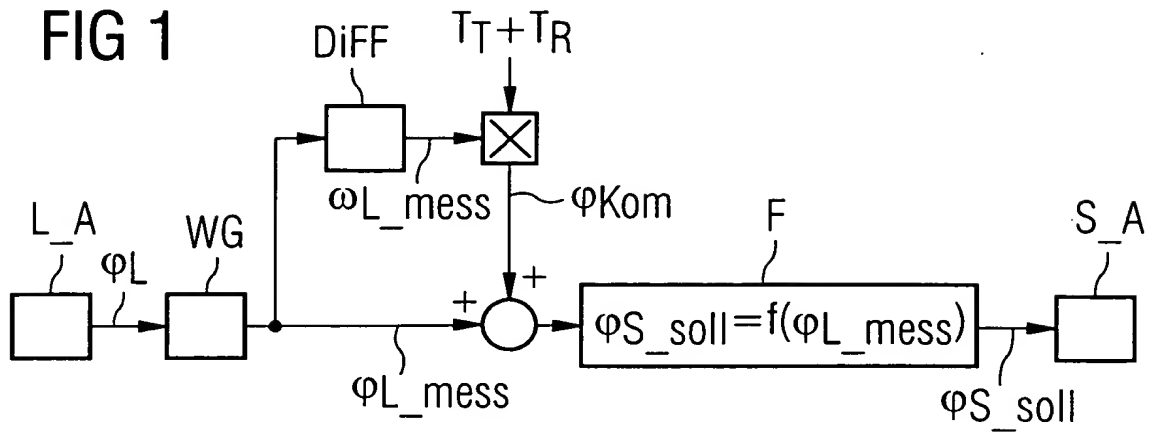


FIG 2

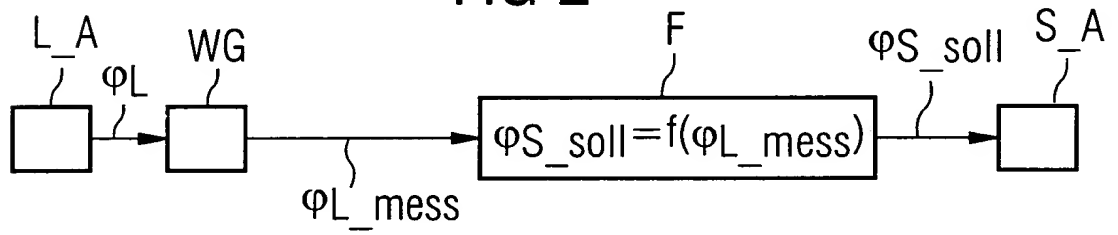


FIG 3

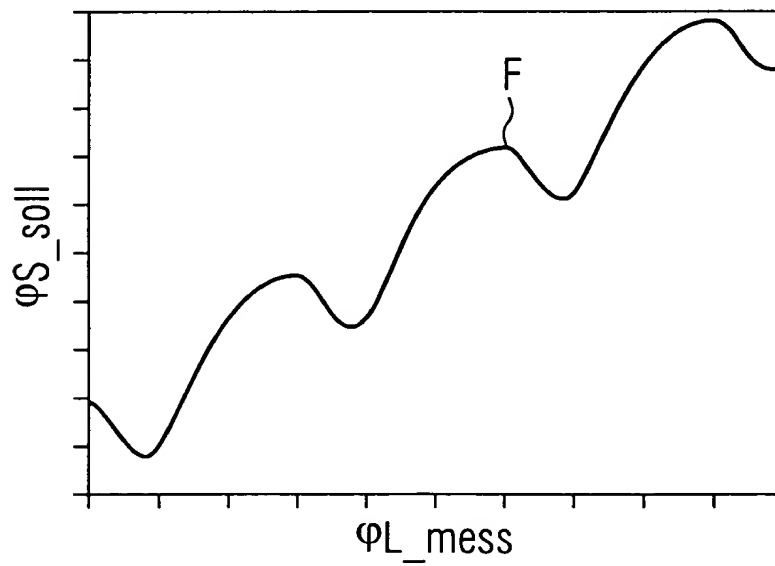




FIG 4

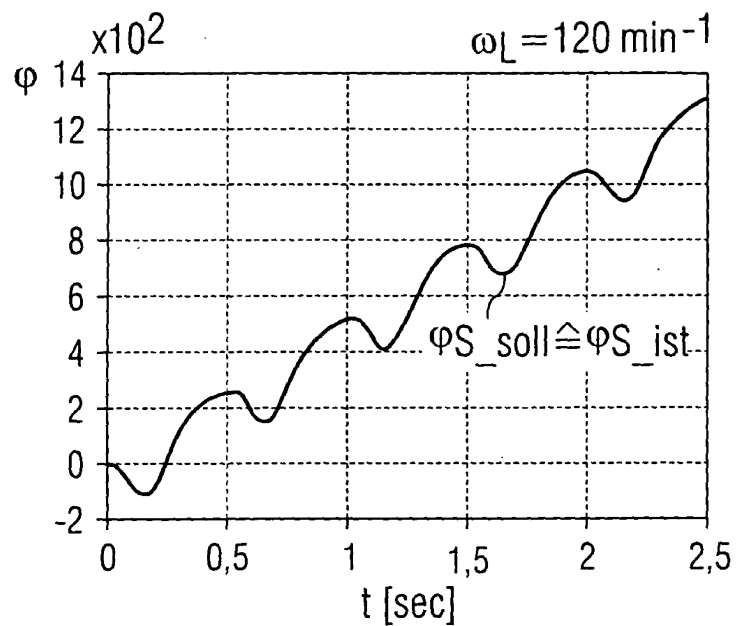


FIG 5

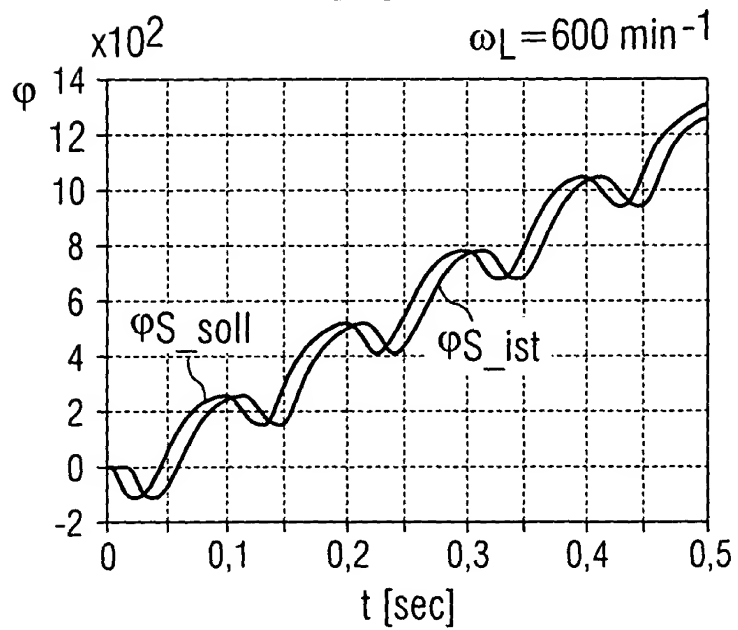


FIG 6

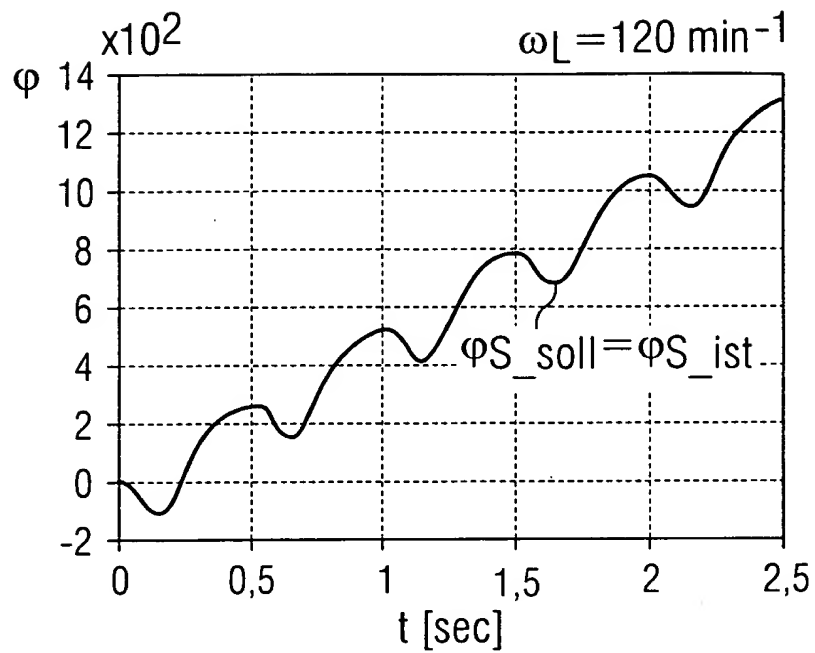


FIG 7

